

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-209869
(43)Date of publication of application : 30.07.2002

(51)Int.Cl.

A61B 5/055
G01R 33/3815
H01F 6/00
H01F 6/04

(21)Application number : 2001-006938
(22)Date of filing : 15.01.2001

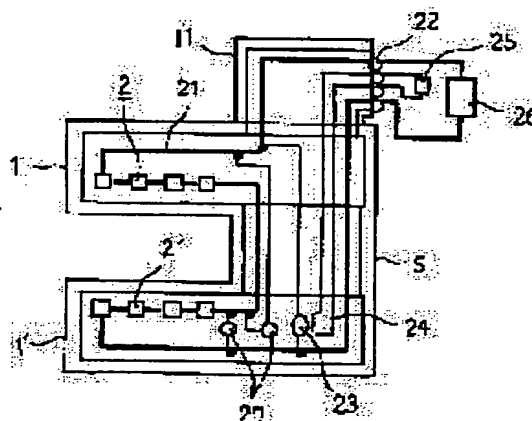
(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP
(72)Inventor : MATSUMOTO TAKAHIRO
NAKAGAWA SHUICHI
KURODA SHIGENORI

(54) SUPERCONDUCTING MAGNET DEVICE AND ITS PRODUCTION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a superconducting magnet device for reducing difficulty and the amount of man power required in a work for connecting a connection pipe to a pair of cryostats with reliability at a low cost and to provide its manufacturing method.

SOLUTION: The pair of cryostats 1 and 1' which are respectively constituted of a superconducting coil 2, a low temperature vessel for storing the superconducting coil and a vacuum insulation vessel for storing the low temperature vessel are mutually arranged to face each other. The cryostats 1 and 1' are connected by one connection part 5 which incorporates an electric circuit 21 for connecting the superconducting coils 2, a coolant duct for the communication of the low-temperature vessels and a vacuum duct for the communication of the vacuum insulation vessels.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-209869

(P2002-209869A)

(43) 公開日 平成14年7月30日 (2002.7.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
A 6 1 B 5/055		A 6 1 B 5/05	3 3 1 4 C 0 9 6
G 0 1 R 33/3815		G 0 1 N 24/06	5 1 0 C
H 0 1 F 6/00	Z A A	H 0 1 F 7/22	Z A A F
6/04	Z A A		Z A A G

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-6938(P2001-6938)

(22) 出願日 平成13年1月15日 (2001.1.15)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 松本 隆博

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 中川 修一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100073759

弁理士 大岩 増雄 (外3名)

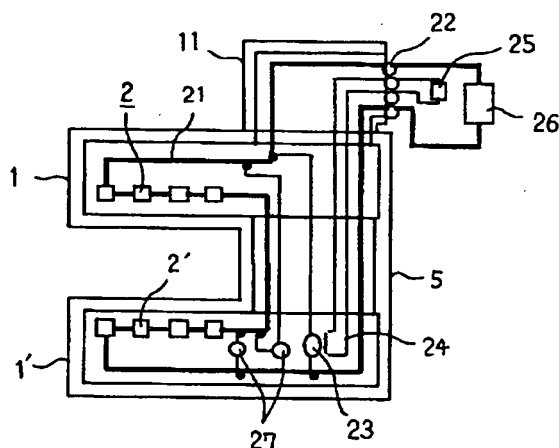
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導マグネット装置およびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 連結管と一対のクライオスタットとの間の連結作業に要する困難やマンパワーの量を低減し、安価で信頼性の高い超電導マグネット装置およびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 超電導コイル2と上記超電導コイルを収容した低温容器と上記低温容器を収容した真空断熱容器とから構成された一対のクライオスタット1、1'は互いに対向配置され、この一対のクライオスタット1、1'は上記各超電導コイル2同士を接続する電気回路21、上記各低温容器同士を連通する冷媒管路、および上記各真空断熱容器同士を連通する真空管路を内蔵する一本の連結部5により連結される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 超電導コイルと上記超電導コイルを収容した低温容器と上記低温容器を収容した真空断熱容器とから構成されると共に互いに対向配置された一対のクライオスタット、上記一対のクライオスタットを連結すると共に上記一対のクライオスタット中の上記各超電導コイル同士を接続する電気回路、上記各低温容器同士を連通する冷媒管路、および上記各真空断熱容器同士を連通する真空管路を内蔵する一本の連結部を備えたことを特徴とする超電導マグネット装置。

【請求項2】 連結部と共に一対のクライオスタット同士を所望の間隔を開けて支持する支持体を設けたことを特徴とする請求項1記載の超電導マグネット装置。

【請求項3】 一対のクライオスタットの各非対向面は、真空断熱容器の外面となっており、上記各真空断熱容器の上記各外面に固定された磁気シールド板、上記各磁気シールド板同士を連結するヨークを有することを特徴とする請求項1記載の超電導マグネット装置。

【請求項4】 ヨークは、一対のクライオスタット同士を所望の間隔を開けて支持するように少なくとも二本設けられたことを特徴とする請求項3記載の超電導マグネット装置。

【請求項5】 連結部は、上記連結部の一部が可撓構造となっていることを特徴とする請求項4記載の超電導マグネット装置。

【請求項6】 連結部は、超電導線により形成された電気回路を内蔵する冷媒管路、上記冷媒管路の外側に上記冷媒管路と同軸的に設けられた真空管路とから構成されており、上記連結部の可撓構造となる箇所の上記冷媒管路と上記真空管路が共にベローズとなっていることを特徴とする請求項5記載の超電導マグネット装置。

【請求項7】 医療用断層撮像装置として用いられることを特徴とする請求項1～請求項6のいずれか一項記載の超電導マグネット装置。

【請求項8】 請求項3～請求項7のいずれか一項記載の超電導マグネット装置の製造方法において、一対のクライオスタットの各非対向側に磁気シールド板を設けるA工程、上記A工程後に上記一対のクライオスタット同士を連結部により連結するB工程を含むことを特徴とする超電導マグネット装置の製造方法。

【請求項9】 請求項3～請求項7のいずれか一項記載の超電導マグネット装置の製造方法において、一対のクライオスタットを互いに所定の間隔を置いて治具に固定するC工程、上記C工程後に上記一対のクライオスタット同士を連結部により連結するD工程、上記D工程から得られる上記一対のクライオと上記連結部と上記治具とのアセンブルを予め所定の間隔を置いて設置された一対の磁気シールド板の間に挿入して上記各クライオスタットと上記磁気シールド板とを固定するE工程、上記E工程後に上記治具を除去するF工程を含むことを特徴とす

る超電導マグネット装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超電導マグネット装置およびその製造方法に関し、詳しくは医療用断層撮像装置（以下、MRI装置）などとして好適な超電導マグネット装置およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、高強度で時間的に安定した静磁場の発生源として永久電流モード運転がなされる超電導マグネット装置が普及している。特に、MRI装置やシリコン単結晶引上装置用の静磁場発生源としての普及が著しい。超電導マグネット装置の構成としては、従来は円筒ソレノイド型が殆どであったが、近年では上下または左右に2個の超電導マグネットを間隔を広く取って対向配置し、超電導マグネットの大きな開口部と大きな磁場領域を利用することも一般化している。例えば、MRI装置用の超電導マグネット装置では、患者の開放感と検査技師の患者へのアクセス性を強調するため、広い開口を有する上下対向配置型の超電導マグネット装置が急速に普及している。

【0003】従来の超電導マグネット装置の代表例として、図18～図20にMRI装置用の上下対向配置型超電導マグネット装置の概念図を示す。図18は、超電導マグネット装置全体の概略外観図、図19は図18のXI-XIX線に沿った概略断面図、図20は回路図である。図18～図20において、1、1'はそれぞれ上下に対向配置された一対のクライオスタット、2、2'は超電導コイル、3、3'は低温容器、31、31'は冷媒、4、4'は真空断熱容器、5は連結部、21は電気回路、11はサービスポート、CRは撮像領域である。

【0004】上側のクライオスタット1は、超電導コイル2、低温容器3、および真空断熱容器4から構成されており、その外壁は真空断熱容器4の外壁により形成されていてドーナツ状を呈している。超電導コイル2は、互いに直列に接続された4個の環状超電導コイル（巻棒やコイル支持、並びに構造材などは図示せず）からなり、液体ヘリウムのような冷媒31を満たした低温容器3内に収容されており、さらにこの低温容器3自体は、その内部の冷媒31の蒸発を低減する真空断熱容器4内に収容されている。下側のクライオスタット1'は、上側のそれと同様に、超電導コイル2'、低温容器3'、および真空断熱容器4'から構成されており、その外壁は真空断熱容器4'の外壁により形成されていてドーナツ状を呈している。

【0005】連結部5は、図示する通り左右の二本からなり、それらの内部には、冷媒管路と真空管路を内蔵し、且つ下部のクライオスタット1'の上にクライオスタット1を支持する作用もなしている。上下各4個の超電導コイル2、2'は、図20の太実線で示すように、

電気回路21により直列に結線されて同一電流が通電される。一方、上記の冷媒管路は、その内部に電気回路21の一部を内蔵すると共に冷媒が満たされていて上下の低温容器3、3'を互いに連通している。また上記の真空管路は、上下の真空断熱容器4、4'を真空中で連結している。上下に対向配置されたクライオスタット1、1'の間の空間は、撮像領域CRであり、上下の超電導コイル2、2'によって発生した静磁場を利用して、例えばMRI装置では患者の撮像検査などに利用される。

【0006】従来の超電導マグネット装置の他の例を図21～図23に示す。図21は、超電導マグネット装置全体の概略外観図、図22は図21のXXI-XXI線に沿った概略断面図、図23は回路図である。図23～図23において、1、1'はそれぞれ上下に対向配置された一対のクライオスタット、5は連結部であって、それらはいずれも前記図18～図20に示すものと同じ構造を有し、12、12'は強磁性体からなる磁気シールド板、13は強磁性体からなるヨークである。図21～図23に示す超電導マグネット装置は、図18～図20に示すそれとは上下に対向配置された一対のクライオスタット1、1'の各非対向側面に磁気シールド板12、12'が固定されており、且つ上下の上記両磁気シールド板は二本のヨーク13で結合されている点において異なり、他の構成は同じである。

【0007】図18～図20、および図21～図23に示す一対のクライオスタットが対向配置された超電導マグネット装置は、MRI用マグネット装置に要求される磁場強度、磁場の時間的安定度、磁場の均一度などの磁場性能に優れており、患者の開放感の点においても申し分なく、しかも検査技師のアクセス性も良好である。さらに、図21～図23の様に、強磁性体からなる磁気シールド12、12'やヨーク13が付加されれば漏洩磁場も低減できる効果もある。

【0008】しかしながら、連結管5と上下の低温容器3、3'や真空断熱容器4、4'との間の接合部は、超電導コイル2、2'のうちの最外周部に存在する超電導コイル部分(図19、図22参照)の直下であるので一般的に溶接作業が容易でない。また撮像領域CRを広く取るために、2本の連結部5の間隔をできるだけ広げる要求があって、このために図18、図19に示すように連結部5の外周部が真空断熱容器4、4'の外周部から若干はみ出ることが多くなって超電導マグネット装置の構造が複雑になる。さらに図示を省略しているが、低温容器3、3'と真空断熱容器4、4'の間には、通常、複数の熱シールド槽やスーパーインシュレーションなどが設けられており、このために上記した連結管5の接続に際しては、これら熱シールド槽間の連結やスーパーインシュレーションの連結が必要であって、その接続作業と接続構造はさらに複雑になる。かかる接続上の複雑性に起因して低温容器3、3'、熱シールド槽(図示

せず)、真空断熱容器4、4'の間で部分的な接触があると、断熱作用が低下して冷媒31、31'の蒸発量が増加するなどの不具合も生じることがある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来技術における上記した問題点に鑑み、本発明は、連結管と一対のクライオスタットとの間の連結作業に要する上記した困難やマンパワーの量を低減し、安価で信頼性の高い超電導マグネット装置およびその製造方法を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の超電導マグネット装置は、(1)超電導コイルと上記超電導コイルを收容した低温容器と上記低温容器を收容した真空断熱容器とから構成されると共に互に対向配置された一対のクライオスタット、上記一対のクライオスタットを連結すると共に上記一対のクライオスタット中の上記各超電導コイル同士を接続する電気回路、上記各低温容器同士を連通する冷媒管路、および上記各真空断熱容器同士を連通する真空管路を内蔵する一本の連結部を備えたものである。

(2)上記(1)において、連結部と共に一対のクライオスタット同士を所望の間隔を開けて支持する支持体を設けたものである。

(3)上記(1)において、一対のクライオスタットの各非対向面は、真空断熱容器の外面となっており、上記各真空断熱容器の上記各外面に固定された磁気シールド板、上記各磁気シールド板同士を連結するヨークを有するものである。

(4)上記(3)において、ヨークは、一対のクライオスタット同士を所望の間隔を開けて支持するように少なくとも二本設けられたものである。

(5)上記(4)において、連結部は、上記連結部の一部が可換構造となっているものである。

(6)上記(5)において、連結部は、超電導線により形成された電気回路を内蔵する冷媒管路、上記冷媒管路の外側に上記冷媒管路と同軸的に設けられた真空管路とから構成されており、上記連結部の可換構造となる箇所の上記冷媒管路と上記真空管路が共にベローズとなっているものである。

(7)上記(1)～(6)のいずれか一項において、医療用断層撮像装置として用いられるものである。

【0011】本発明の超電導マグネット装置の製造方法は、(8)上記(3)～(7)のいずれか一項記載の超電導マグネット装置の製造方法において、一対のクライオスタットの各非対向側に磁気シールド板を設けるA工程、上記A工程後に上記一対のクライオスタット同士を連結部により連結するB工程を含むものである。

【0012】本発明は、超電導マグネット装置の製造方法は、またさらに(9)上記(3)～(7)のいずれか

一項記載の超電導マグネット装置の製造方法において、一対のクライオスタットを互いに所定の間隔を置いて治具に固定するC工程、上記C工程後に上記一対のクライオスタット同士を連結部により連結するD工程、上記D工程から得られる上記一対のクライオと上記連結部と上記治具とのアSEMBLを予め所定の間隔を置いて設置された一対の磁気シールド板の間に挿入して上記各クライオスタットと上記磁気シールド板とを固定するE工程、上記E工程後に上記治具を除去するF工程を含むものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下の諸実施の形態において、前記図18～図23の従来技術に示された部位と同じ部位については同符号を付し、各内容の説明は図18～図23での説明とを参照することとして以下では省略することがある。さらに先行する実施の形態において用いられた部位や用語は、先行する実施の形態における説明を参照することとして、後続の実施の形態においては説明を省略することがある。

【0014】実施の形態1. 図1～図3は、本発明における超電導マグネット装置についての実施の形態1を説明するものであって、図1は、超電導マグネット装置全体の概略外観図、図2は図1のII-II線に沿った概略断面図、図3は回路図である。図1～図3において、32は連結部5内に設けられた冷媒管路、41は真空管路、6は前記図18～図22の従来技術に示された二本の連結部5のうちの向かって左側の連結部5に代わって取付けられた支持体である。しかし実施の形態1では、支持体6は、向かって右側の連結部5と共に下部のクライオスタット1'の上にクライオスタット1を支持する作用をなしており、この点において図18～図20の従来技術と異なる。支持体6は、支持支柱61と上下の台座62とが一体成形された構造を有し、上下の台座62はビスあるいはその他の適当な手段により上下のクライオスタット1、1'の真空断熱容器4、4'に取付けられている。

【0015】支持体6の支持支柱61は、右側の連結部5のように冷媒管路32や真空管路41などを内蔵する必要がなく、ただクライオスタット1を支持するに必要な機械的強度があれば十分であるので、多くの場合、連結部5の外径よりも格段に小さいサイズを有する金属棒体、例えば、ステンレス棒体で十分である。したがって、支持支柱61が小サイズのもので十分であることに基づいて、連結部5の外周部が真空断熱容器4、4'の外周部からはみ出ないように取付けても撮像領域CRを広く取ることができる。さらに支持支柱61は、台座62を介してビスあるいはその他の適当な手段により上下の真空断熱容器4、4'に容易に取付けることができるので、実施の形態1は、前記した技術上の困難を伴う連結部5のクライオスタット1、1'への接続のためのマ

ンパワーなどが半減する効果をも奏する。

【0016】実施の形態1の構造についてさらに説明すると、前記図18～図20に示す従来技術では冷媒管路32や真空管路41などを内蔵する連結部5が二本設けられているのに対して実施の形態1では、それが一本であるので冷媒管路32、真空管路41などはこの一本の連結部5内に纏めて内蔵される。超電導コイル2、2'は、それぞれ図示する各4個の超電導コイル部分から構成されており、それらを分散配置して電気回路21にて直列に結線されて同一電流を流すことにより磁場の均一化を達成することができ、またその際に超電導コイル2、2'の電流密度を上げることで高磁場を得ることができる。また図1～図3において、11はサービスポート、22は電流導入端子、23は永久電流スイッチ、24は永久電流スイッチ用ヒータ、25は永久電流スイッチ用ヒータ電源、26は励起電源である。電流導入端子22は、サービスポート11に設置されており、またサービスポート11は、冷媒31の注入口としても機能する。

【0017】永久電流スイッチ23は、電気回路21に対して並列に結線され、またそのON、OFFは励磁や消磁の場合に永久電流スイッチ用ヒータ24への通電や非通電によりなされて永久電流モードが達成される。しかしこの永久電流スイッチ23を用いた永久電流モード運転を行なうことにより、時間的に超安定な磁場の形成が可能となる。27はコイル保護素子であって、それは励磁や消磁の場合に常電導転移現象（クエンチ）が生じた場合に発生する高電圧に備えるために、要所に設けられる。なお、永久電流スイッチ23やコイル保護素子27の各リード線は、上記電気回路21と一緒に連結部5内を通して結線されている。

【0018】低温容器3、3'での液体ヘリウムのような冷媒31、31'の低減は、前記した通り、低温容器3、3'を真空断熱容器4、4'内に收容することにより効果的に達成されるが、一層好ましくはそれら低温容器と真空断熱容器との間に1～2槽の熱シールド槽やスーパーインシュレーション材（いずれも図示せず）が施される。さらにその際、上記熱シールド槽は冷凍機（図示せず）により冷却されることが好ましい。

【0019】実施の形態2. 図4～図6は、本発明における超電導マグネット装置についての実施の形態2を説明するものであって、図4は、超電導マグネット装置全体の概略外観図、図5は図4のV-V線に沿った概略断面図、図6は回路図である。図4～図6において、12、12'は強磁性体からなる磁気シールド板、13は強磁性体からなるヨークである。実施の形態2は、実施の形態1とは上下に対向配置された一対のクライオスタット1、1'の各非対向側面に磁気シールド板12、12'が設けられ、且つ磁気シールド板12、12'が二本のヨーク13により結合されており、さらに実施の形

態1で採用された支持体6が排除された点において異なり、他の構成は同じである。

【0020】磁気シールド板12は、クライオスタット1の上面、換言すると上側の真空断熱容器4の上面に、一方、磁気シールド板12'は、クライオスタット1'の底面、換言すると下側の真空断熱容器4'の底面にそれぞれ適当な方法、例えばビスなどにより固定されている。二本のヨーク13は、ステンレスなどの高機械的強度を有する金属製ベルト131に巻かれるようにして上下の両磁気シールド板12、12'に、且つ二本のヨーク13と一対のクライオスタット1、1'とが鼎立する状態となる位置で固定されている。二本のヨーク13の各底面とクライオスタット1'の底面が互いに同レベルであって且つ上記三体の鼎立により実施の形態2の超電導マグネット装置は、安定的に自立することができる。

【0021】実施の形態2では、実施の形態1の支持体6が排除されているので、撮像領域CRを一層広く取ることができ、さらに強磁性体からなる磁気シールド板12、12'やヨーク13の付加により漏洩磁場が低減できる効果もある。

【0022】実施の形態3. 図7～図8は、本発明における超電導マグネット装置についての実施の形態3を説明するものであって、図7は、超電導マグネット装置全体の概略断面図、図8は図7の一部拡大概略断面図である。図7～図8において、51は連結部5の一部に設けられた可撓構造部であり、321、および411はベローズである。実施の形態3において、連結部5は、電気回路21の一部を内蔵し且つ冷媒31が満たされた冷媒管路32と冷媒管路32の外側に冷媒管路32と同軸的に設けられた真空管路41とから構成されており、真空管路41の外壁は連結部5の外壁となっている。可撓構造部51における冷媒管路32と真空管路41は、それぞれベローズ321およびベローズ411により形成されており、これらのベローズの伸縮性に基づいて可撓構造となっている。連結部5の一部が可撓構造であることにより、上下のクライオスタット1、1'のそれぞれに磁気シールド板12、12'を固定した際に連結部5にかかる応力が軽減する効果がある。

【0023】実施の形態4. 図9～図12は、本発明における超電導マグネット装置の製造方法についての実施の形態4を説明するものであって、図9は超電導マグネット装置を製造する過程における超電導マグネット装置の一部上面図、図10は図9の矢印Aの方向から見た一部側面図、図11は図9のXI-XI線に沿った一部拡大断面図、図12は図9のXII-XII線に沿った一部拡大断面図である。図9～図12において、12は磁気シールド板、121、122はいずれも磁気シールド板12に設けられた切り込み、4は真空断熱容器である。切り込み121、122は、真空断熱容器4の上に磁気シールド板12を固定するために設けられたものである。なお図

9では切り込み121、122は、各1ヶ所しか図示していないが、磁気シールド板12の外周に複数個設けられる。

【0024】本発明における超電導マグネット装置の製造方法におけるA工程について、以下図9～図12により説明する。図1などに示した撮像領域CRにおける磁場の強度は、極めて厳密に制御管理する必要がある、また真空断熱容器4上での磁気シールド板12の固定位置は上記磁場強度に大きく影響する。したがって、磁気シールド板12の固定に際しては、上下左右の方向に位置調節のうえで固定される。

【0025】図10～図11において、切り込み121内には、この切り込み121の両側壁間に固定されたボス支持板123が設けられ、且つ真空断熱容器4の上面には左右方向の位置調節のための位置調節ネジ124が固定されている。ボス支持板123とそれに螺着されたボルト、および位置調節ネジ124とにより、磁気シールド板12の左右方向の位置調節と固定がなされる。

【0026】図12において、切り込み122内には、磁気シールド板12の側壁に溶接されて水平方向に延在するボス支持板125が設けられており、且つ真空断熱容器4の上面には上下方向の位置調節のための位置調節ボス126が固定されている。ボス支持板125および位置調節ボス126とにより、磁気シールド板12の上下方向の位置調節と固定がなされる。

【0027】電磁力は、真空断熱容器4と磁気シールド板12とが引き合う方向に加わるために、上記両者間での上下左右方向の固定には、一般的に特に強固な固定力は必要がない。図9～図12では上部のクライオスタット1（真空断熱容器4）の上面への磁気シールド板12の固定方法について説明したが、これらの説明は、下部のクライオスタット1'（真空断熱容器4'）と下部の磁気シールド板12'（いずれも図示せず）との固定についても当てはまる。

【0028】前記したA工程において、一対のクライオスタット1、1'の各非対向側に磁気シールド板12、12'が固定された後、つぎのB工程において上記一対のクライオスタット1、1'同士を連結部により連結する。この連結の方法は、本発明においては従来通り行うことができる。

【0029】実施の形態5. 図13～図17は、本発明における超電導マグネット装置の他の製造方法についての実施の形態5を説明するものであって、図13は本発明のC工程において用いられる治具の上面図（但し、後記する上部の台座77の図示を省略）、図14は図13の側面図、図15は図13のもう一つの側面図、図16は本発明におけるD工程が終了した状態でのアセンブルの側面図、図17は上記アセンブルのもう一つの側面図である。図13～図17において、7は治具である。治具7は、4本の長尺横部材71、4本の短尺横部材7

2、4本の縦部材73、8本の斜め部材74、4枚の釣り手75、および2本の釣り手連結部材76から構成されている。なお長尺横部材71と短尺横部材72のそれぞれは、各長さを調節するためのスペーサが着脱可能な構造となっており、各斜め部材74は、その長さを調節するネジを備えている。各釣り手75は、それぞれ4本の縦部材73に固定されており、その各2枚は釣り手連結部材76により連結されている。

【0030】本発明のC工程において、治具7は、釣り手連結部材76によりクレーン（図示せず）に釣り上げられ、ついで下部の台座77を下部のクライオスタット1'の表面に螺着してクライオスタット1'に固定され、さらに治具7の上に上部クライオスタット1が上部の台座77の螺着により固定される（図16～図17の、但し連結部5が無い状態）。上記C工程の後に、上記一対のクライオスタット1、1同士は連結部5により通常の方法で連結されて図16～図17に示すアセンブルが得られる（D工程）。上記のアセンブルは、ついでE工程において予め所定の間隔を置いて設置された一対の磁気シールド板（図示せず）の間に挿入され、例えば前記実施の形態4のA工程と同様の方法により、必要に応じて磁気シールド板の固定位置を微調節して磁気シールド板と固定され、また前記図4に示すヨークが取り付けられ、その後に治具7が除去される（F工程）。

【0031】治具7は、以上説明したように、一本の連結部5にて連結されたクライオスタット1、1の自立を助けると共に本発明の超電導マグネット装置の解体輸送時の治具としても利用できる。

【0032】本発明の超電導マグネット装置は、MRI装置、シリコン単結晶引上装置用の静磁場発生源、あるいはその他、種々の用途に使用可能であり、就中、MRI装置としてすこぶる好適である。クライオスタット1、1'は、上下に設置されたものに限らず、左右に設置されたものであってもよい。

【0033】

【発明の効果】本発明の超電導マグネット装置は、以上説明した通り、（1）超電導コイルと上記超電導コイルを収容した低温容器と上記低温容器を収容した真空断熱容器とから構成されると共に互に対向配置された一対のクライオスタット、上記一対のクライオスタットを連結すると共に上記一対のクライオスタット中の上記各超電導コイル同士を接続する電気回路、上記各低温容器同士を連通する冷媒管路、および上記各真空断熱容器同士を連通する真空管路を内蔵する一本の連結部を備えたものである。以下のような効果がある。即ち連結部のクライオスタットへの連結は、前記した通り技術上の種々の困難を伴うものであるところ、連結部を一本とすることにより、その困難が半減し且つその連結に要するマンパワーも半減する。さらに連結部が二本である従来技術と比較して、一本の連結部をその外周部が真空断熱容器

の外周部からはみ出ないように取付けても撮像領域を広く取ることができる効果もあって、本発明は、安価に応用範囲が広く、しかも信頼性の高い超電導マグネット装置を提供することができる。

【0034】また（2）上記（1）において、連結部と共に一対のクライオスタット同士を所望の間隔を開けて支持する支持体を設けたものであると、上記支持体としては、連結部のように冷媒管路や真空管路などを内蔵する必要がなく、ただクライオスタットを支持するに必要な機械的強度があれば十分であるので、連結部の外径よりも格段に小さい外径を有する金属棒体などで十分である。したがって支持体は、細径のもので十分であるので、実質的に上記（1）において述べた効果が期待できる他、支持体は連結部と共に一対のクライオスタットを自立させ得る効果もある。

【0035】また（3）上記（1）において、一対のクライオスタットの各非対向面は、真空断熱容器の外面となっており、上記各真空断熱容器の上記各外面に固定された磁気シールド板、上記各磁気シールド板同士を連結するヨークを有するものであると、上記磁気シールド板やヨークの付加により漏洩磁場が低減できる効果がある。

【0036】また（4）上記（3）において、ヨークは、一対のクライオスタット同士を所望の間隔を開けて支持するように少なくとも二本設けられたものであると、二本のヨークが、これらのヨークと一対のクライオスタットとが鼎立する状態となる位置で固定されることにより超電導マグネット装置を安定的に自立させることができる。

【0037】また（5）上記（4）において、連結部は、上記連結部の一部が可撓構造となっており、また（6）上記（5）において、連結部は、超電導線により形成された電気回路を内蔵する冷媒管路、上記冷媒管路の外側に上記冷媒管路と同軸的に設けられた真空管路とから構成されており、上記連結部の可撓構造となる箇所の上記冷媒管路と上記真空管路が共にベローズとなっているものであると、一対のクライオスタットのそれぞれに磁気シールド板を固定した際に、連結部にかかる応力が軽減する効果がある。

【0038】また（7）上記（1）～（6）のいずれか一項において、本発明の超電導マグネット装置が医療用断層撮像装置として用いられると、それは、それに要求される磁場強度、磁場の時間的安定度、磁場の均一度などの磁場性能に優れており、撮像領域を広く取ることができることにより患者の開放感の点においても申し分なく、しかも検査技師のアクセス性も良好となるなどの効果がある。

【0039】本発明の超電導マグネット装置の製造方法は、以上説明した通り、（8）上記（3）～（7）のいずれか一項記載の超電導マグネット装置の製造方法にお

いて、一対のクライオスタットの各非対向側に磁気シールド板を設けるA工程、上記A工程後に上記一対のクライオスタット同士を連結部により連結するB工程を含むものである。一対のクライオスタットの各非対向側に設けられる磁気シールド板の固定位置は、撮像領域における磁場強度に大きく影響するところ、本発明では、上記A工程において先ず、磁気シールド板を最良の位置でクライオスタットに固定し、つぎに一対のクライオスタット同士を連結部により連結することができるので、良好な磁場強度を有する高品質の超電導マグネット装置を製造することができる。

【0040】本発明の超電導マグネット装置の製造方法は、また以上説明した通り、(9)上記(3)～(7)のいずれか一項記載の超電導マグネット装置の製造方法において、一対のクライオスタットを互いに所定の間隔を置いて治具に固定するC工程、上記C工程後に上記一対のクライオスタット同士を連結部により連結するD工程、上記D工程から得られる上記一対のクライオと上記連結部と上記治具とのアセンブルを予め所定の間隔を置いて設置された一対の磁気シールド板の間に挿入して上記各クライオスタットと上記磁気シールド板とを固定するE工程、上記E工程後に上記治具を除去するF工程を含むものである。治具は、一本の連結部にて連結されたクライオスタットの自立を助ける効果があり、また本発明の超電導マグネット装置の解体輸送時の治具としても利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の超電導マグネット装置についての実施の形態1の概略外観図。

【図2】 図1のII-II線に沿った概略断面図。

【図3】 実施の形態1の回路図。

【図4】 本発明の超電導マグネット装置についての実施の形態2の概略外観図。

【図5】 図4のV-V線に沿った概略断面図。

【図6】 実施の形態2の回路図。

【図7】 本発明の超電導マグネット装置についての実*

* 施の形態3の概略断面図。

【図8】 図7の一部拡大概略断面図。

【図9】 本発明の超電導マグネット装置の製造方法についての実施の形態4における製造過程での超電導マグネット装置の一部上面図。

【図10】 図9の矢印Aの方向から見た一部側面図。

【図11】 図9のXI-XI線に沿った一部拡大断面図。

【図12】 図9のXII-XII線に沿った一部拡大断面図。

10 【図13】 本発明の超電導マグネット装置の他の製造方法についての実施の形態5において用いられる治具の上面図。

【図14】 図13の側面図。

【図15】 図13の他の側面図。

【図16】 本発明の実施の形態5におけるアセンブルの側面図。

【図17】 本発明の実施の形態5におけるアセンブルの他の側面図。

20 【図18】 従来の超電導マグネット装置についての概略外観図。

【図19】 図18のXIX-XIX線に沿った概略断面図。

【図20】 従来の超電導マグネット装置における回路図。

【図21】 他の従来の超電導マグネット装置についての概略外観図。

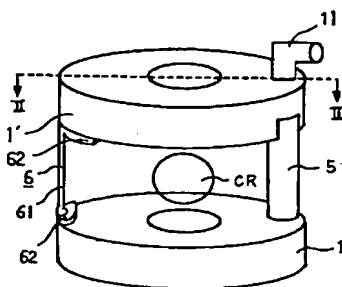
【図22】 図21のXXII-XXII線に沿った概略断面図。

30 【図23】 他の従来の超電導マグネット装置における回路図。

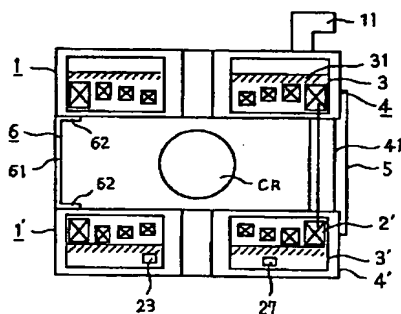
【符号の説明】

1 クライオスタット、11 サービスポート、12 磁気シールド板、13 ヨーク、2 超電導コイル、21 電気回路、3 低温容器、31 冷媒、32 冷媒管路、4 真空断熱容器、41 真空管路、5 連結部、6 支持体、7 治具、CR 撮像領域。

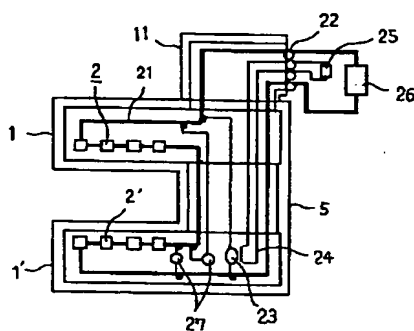
【図1】



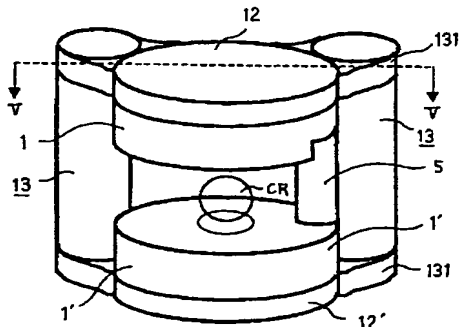
【図2】



【図3】

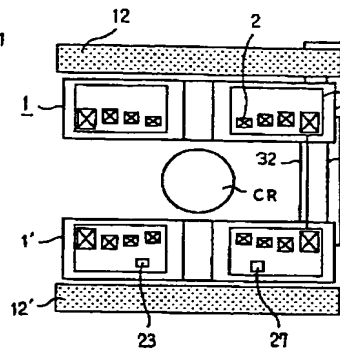


【図4】

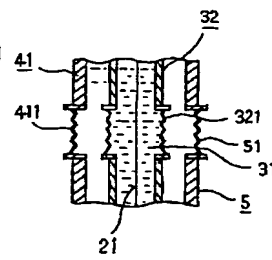


1: クライオスタット 12: 磁気シールド板
5: 連結部 13: ヨーク

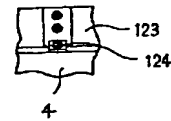
【図5】



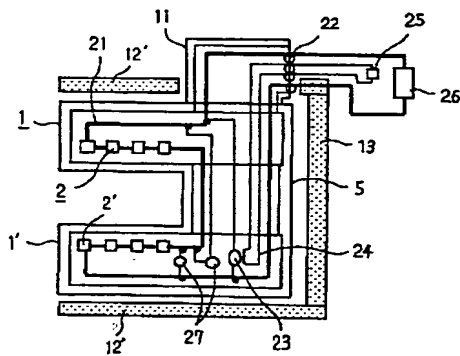
【図8】



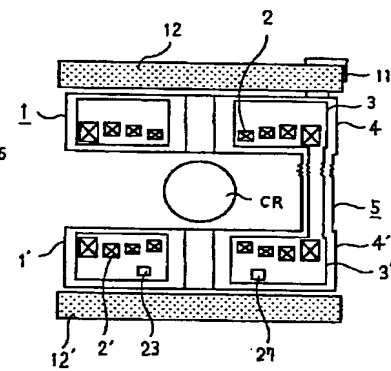
【図10】



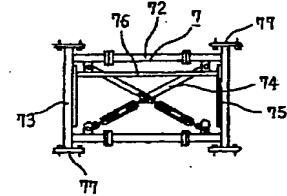
【図6】



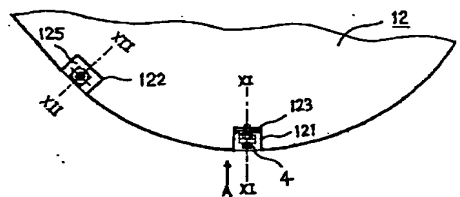
【図7】



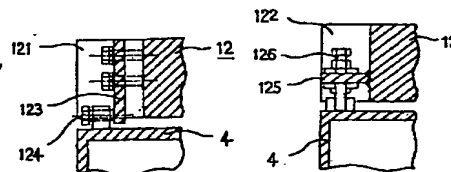
【図15】



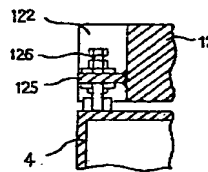
【図9】



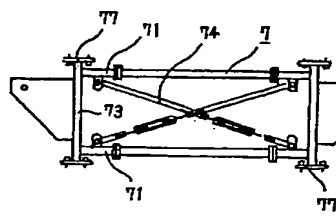
【図11】



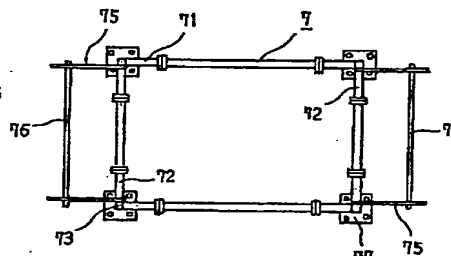
【図12】



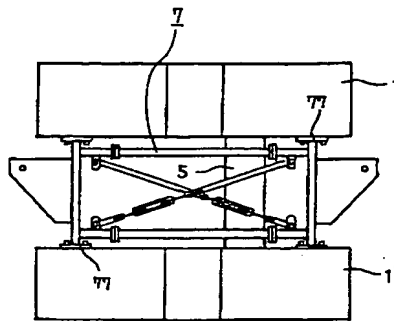
【図14】



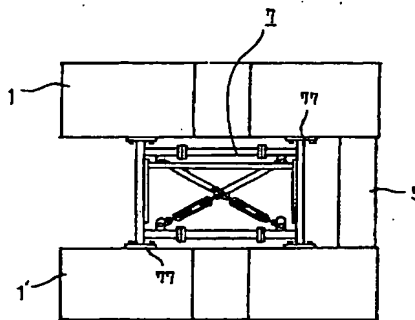
【図13】



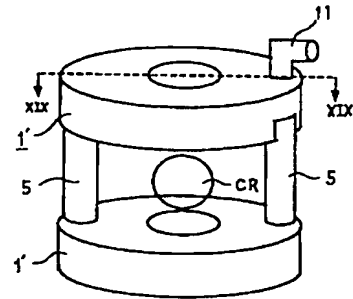
【図16】



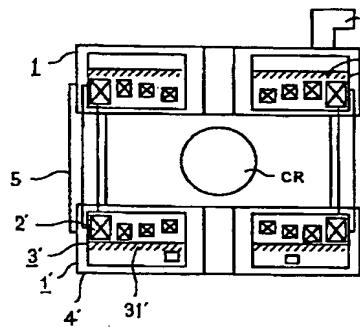
【図17】



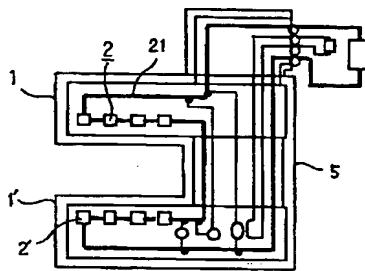
【図18】



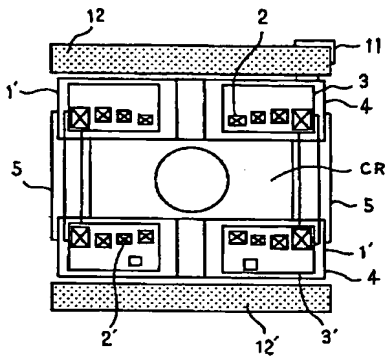
【図19】



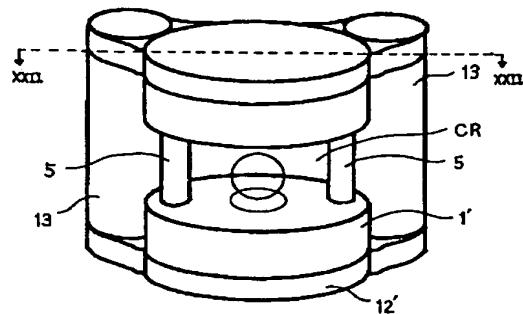
【図20】



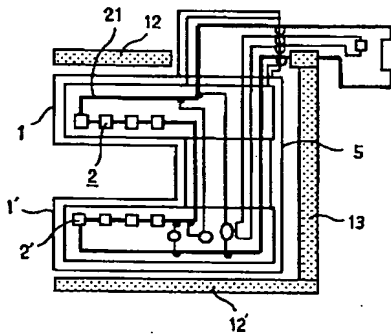
【図22】



【図21】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 黒田 成紀
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 4C096 AA01 AB42 AB45 AD08 CA02
CA08 CA16 CA43 CA52 CA58

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)